

IMPLEMENTASI SISTEM KESEIMBANGAN ROBOT BERODA DUA DENGAN MENGGUNAKAN KONTROLER PROPORSIONAL INTEGRAL DIFERENSIAL

Muhammad Miftahur Rokhmat

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Dosen Pembimbing: 1. Purwanto, Ir., MT

2. Bambang Siswoyo, Ir., MT

Abstrak – Keseimbangan robot beroda dua merupakan salah satu sistem mempertahankan diri dan tidak terjatuh robot yang digunakan dalam perlombaan seperti ROBOGAMES dimana robot beroda dua dapat mempertahankan posisi berdiri tegak tanpa terjatuh terhadap permukaan bumi. Skripsi ini merancang dan mengimplementasikan algoritma kendali pada robot beroda dua yang menggunakan kontroler PID (Proporsional, Integral, Diferensial) sebagai sistem keseimbangan robot. Penggunaan kontroler PID sebagai kontrol pengendali dikarenakan pada sistem keseimbangan ini dibutuhkan respon yang cepat dengan akurasi tinggi. Tugas robot ini adalah mempertahankan posisi tegak dan tidak terjatuh terhadap permukaan bumi sesuai rule ROBOGAMES 2013.

Kontroler PID bertujuan untuk memuluskan pergerakan robot saat mempertahankan posisi tegak dan tidak terjatuh terhadap permukaan bumi. Dengan bantuan kontroler PID, robot beroda dua mampu mempertahankan posisi tegak dengan aman, responsif dan cepat. Penentuan hasil parameter kontroler PID ini didapatkan dengan menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols. Metode ini dipilih karena dapat mempercepat proses tuning PID tanpa harus melewati proses trial and error yang cukup lama. Hasil parameter kontroler PID yang dicapai dari penelitian skripsi ini diperoleh nilai $K_p=5,4$, $K_i=1,08$ dan $K_d=6,75$.

Kata Kunci : keseimbangan robot beroda dua, kontroler PID, ROBOGAME

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi. Saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas berbagai industri. Teknologi robotika juga telah menjangkau sisi hiburan dan pendidikan bagi manusia. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor, metode kontrol bahkan memberikan kecerdasan buatan pada robot tersebut. Salah satunya adalah robot beroda dua.

Robot beroda dua merupakan suatu robot mobile yang memiliki sebuah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler. Menyeimbangkan robot beroda dua memerlukan suatu metode kontrol yang baik dan handal untuk mempertahankan posisi robot dalam keadaan tegak lurus terhadap permukaan bumi tanpa memerlukan pengendali lain dari luar. Bahkan sekarang ini konsep robot beroda dua telah digunakan sebagai alat transportasi yang bernama segway.[1]

Penelitian skripsi ini adalah untuk mendesain dan membangun robot beroda dua yang mampu menyeimbangkan dirinya yang tegak lurus terhadap permukaan bumi di daerah bidang datar. Pada penelitian skripsi ini digunakan Arduino Uno , sensor accelerometer dan gyroscope serta kontroler Proporsional Integral Diferensial (PID) sebagai kontrol pengendali. Kontroler Proporsional Integral Diferensial digunakan untuk menentukan besarnya kecepatan dan arah putar motor DC sebagai penggerak, berdasarkan sudut kemiringan badan robot terhadap permukaan bidang datar. Sehingga robot beroda dua ini dapat mempertahankan posisinya tegak lurus dengan seimbang terhadap permukaan bumi pada bidang datar.

II. METODE PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif. Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat pada pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan adalah studi literatur, penentuan spesifikasi alat, perancangan dan pembuatan alat, pengujian dan analisis, serta pengambilan kesimpulan.

A. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori penunjang yang dibutuhkan dalam prancangan dan pembuatan alat. Teori yang diperlukan yakni

- Keseimbangan robot beroda dua
- Sistem kontroler PID
- Board Arduino Uno
- Sensor Gyroscope dan Accelerometer
- Motor DC
- Driver motor DC

B. Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara keseluruhan ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- Robot berbahan dasar mika dan plat aluminium.
- Robot beroda dua menggunakan sistem penggerak roda (*tracked*) yang terletak di sisi kiri dan kanan badan robot, serta digerakkan oleh dua motor DC.
- Robot beroda dua menggunakan sistem kontroler PID, serta mampu melakukan gerak dasar yaitu maju, mundur, dan berotasi

terhadap sumbu as roda (hingga 30°) dan mampu mempertahankan keseimbangan agar robot tidak terjatuh.

- Arena yang digunakan dalam pengujian memiliki permukaan datar (kemiringan 0°)
- Sistem keseimbangan robot beroda dua menggunakan modul sensor yang terdiri dari sensor gyroscope dengan tipe IDG-500 dan sensor accelerometer dengan tipe ADXL-335 yang berfungsi sebagai pembacaan kecepatan sudut yang dinamis dan pembacaan kecepatan sudut yang akurat dalam keadaan diam (statis).[2], [3]
- Sistem keseimbangan robot beroda dua menggunakan modul Arduino Uno sebagai board utama yang berfungsi untuk memproses input dari sensor menuju aktuator. [4]
- Sistem keseimbangan robot beroda dua menggunakan modul yang dirancang oleh Pololu Robotics and Electronics dengan tipe Dual VNH2SP30 Motor Driver Carrier MD03A sebagai modul pengendali motor DC yang dapat digunakan mengatur dua buah motor DC sekaligus.[5]
- Menggunakan catu daya rangkaian elektronik sebesar 5 V DC dan catu daya motor sebesar 12 V DC.

C. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software).[1], [6]

Perancangan alat diawali dengan perancangan diagram blok sistem secara keseluruhan. Perancangan perangkat keras terdiri atas dua bagian yakni perancangan mekanik dan perancangan elektronik. Perancangan mekanik ditekankan pada pemasangan sensor dan bentuk robot secara umum dengan menggunakan perangkat lunak 3Ds MAX 2009.

Perancangan elektronik ditekankan pada perancangan rangkaian antarmuka modul-modul yang digunakan. Seluruh rangkaian dirancang dalam bentuk skema rangkaian maupun papan rangkaian tercetak (PCB).

Perancangan perangkat lunak diawali dengan pembuatan diagram alir (flowchart) sistem keseimbangan robot beroda dua. Lalu dilakukan penulisan program menggunakan compiler bahasa pemrograman C pada software Arduino versi 1.0.1.

D. Pengujian dan Analisis

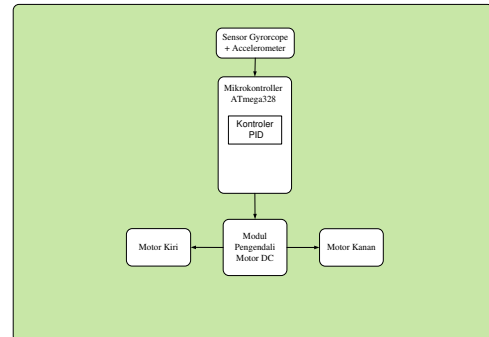
Pengujian dilakukan secara bertahap yaitu pada seluruh sub sistem terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan. Masing-masing hasil pengujian kemudian dianalisis untuk dapat ditarik kesimpulan. Dimana parameter keberhasilan dari pengujian mengacu pada spesifikasi alat yang telah ditentukan.

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian aktuator yaitu motor DC, pengujian sensor yang

meliputi sensor accelerometer dan sensor gyroscope, dan pengujian sistem secara keseluruhan.

III. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem dibagi menjadi tiga, yaitu perancangan unit mikrokontroler utama, perancangan unit sensor dan perancangan unit pengendali motor DC. Ketiga perancangan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 1**.

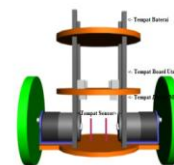


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sumber: Perancangan

A. Perancangan Mekanik Robot

Sistem mekanik yang baik, mendukung pergerakan robot menjadi lebih baik. Badan robot terbuat dari bahan mika dengan ketebalan 3 mm, ke dua buah roda berbahan nilon dengan tebal 20 mm dan berdiameter 86 mm. Gambar perspektif design mekanik robot beroda dua ditunjukkan dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Perspektif Desain Mekanik Robot Beroda Dua

Sumber: Perancangan

B. Perancangan Mikrokontroler

Pada perancangan minimum sistem mikrokontroler menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai pengolah utama dalam membangkitkan sinyal DC pulsa. Konfigurasi pin I/O dari mikrokontroler ATmega328 ditunjukkan dalam **Gambar3**.

(PCINT14/RESET) PC8	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT18/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT8/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

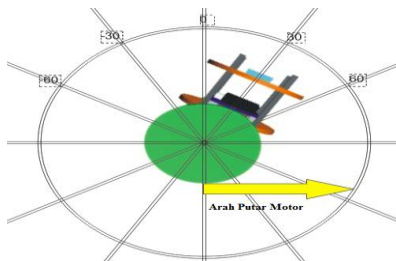
Gambar 3. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 328

Mikrokontroler ATmega328 mempunyai 3 port, 23 jalur yang dapat diprogram menjadi masukan atau keluaran [7], pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah:

- Pin B.3 = digunakan sebagai sinyal pwm
- Pin B.2 = digunakan sebagai sinyal pwm
- Pin B.1 = digunakan sebagai antarmuka dengan modul pengendali driver motor
- Pin B.0 = digunakan sebagai antarmuka dengan modul pengendali driver motor
- Pin D.7 = digunakan sebagai antarmuka dengan modul pengendali driver motor
- Pin D.6 = digunakan sebagai antarmuka dengan modul pengendali driver motor
- Pin C.2 = digunakan sebagai komunikasi data sensor
- Pin C.1 = digunakan sebagai komunikasi data sensor
- Pin C.0 = digunakan sebagai komunikasi data sensor

C. Perancangan Kontroler PID

Ilustrasi respon kontroler PID pada robot beroda dua ditunjukkan pada **Gambar 4**.

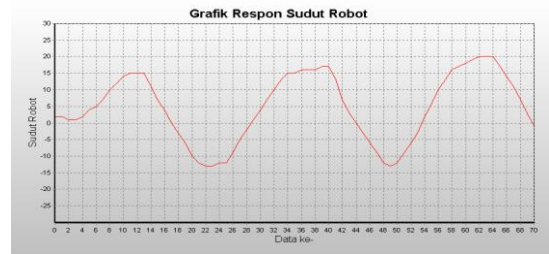


Gambar 4. Ilustrasi Respon PID
Sumber: Perancangan

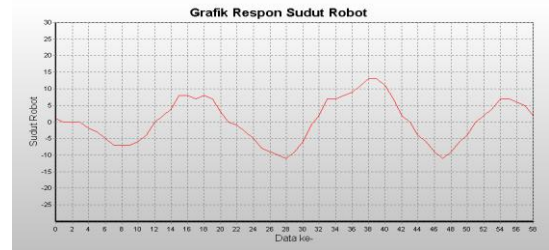
Pada perancangan kontroler PID robot beroda dua ini, menggunakan tuning parameter Ziegler-Nichols metode ke dua. Langkah atau acuan penentuan parameter Kp, Ki dan Kd didasarkan pada aturan Ziegler-Nichols metode ke dua. Langkah metode tersebut ialah sebagai berikut:

- 1) Mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = \infty$ dan $T_d = 0$.
- 2) Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan.
- 3) Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan.
- 4) Periksa kembali performa sistem hingga mendapatkan hasil yang memuaskan.[8]

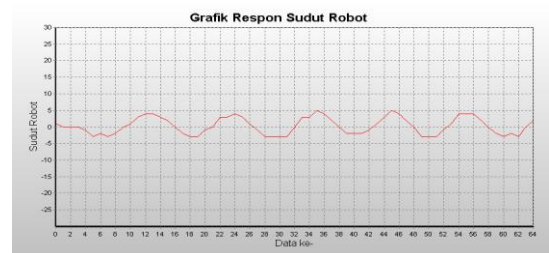
Hasil pengujian untuk respon posisi robot beroda dua dengan menggunakan berbagai macam kontroler proporsional dapat dilihat pada **Gambar 5**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7**.



Gambar 5. Grafik Respon Posisi Sensor Accelerometer Robot Beroda Dua dengan Kp=5



Gambar 6. Grafik Respon Posisi Sensor Accelerometer Robot Beroda Dua dengan Kp=7



Gambar 7. Grafik Respon Posisi Sensor Accelerometer Robot Beroda Dua dengan Kp=9

Terlihat bahwa pada saat kontroler proporsional bernilai 9 robot beroda dua dapat membentuk osilasi berkesinambungan. Sehingga dari gambar respon posisi sensor ultrasonik robot di atas dapat dihitung nilai K_{cr} dan P_{cr} yaitu :

$$K_{cr} = 9$$

$$P_{cr} = (45-35) = 10$$

$$K_p = 0,6 \times K_{cr} = 0,6 \times 9 = 5,4$$

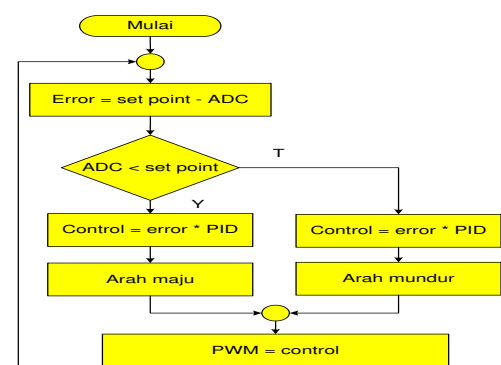
$$T_i = 0,5 \times P_{cr} = 0,5 \times 10 = 5$$

$$T_d = 0,125 \times P_{cr} = 0,125 \times 10 = 1,25$$

$$K_i = K_p / T_i = 5,4 / 5 = 1,08$$

$$K_d = K_p \times T_d = 5,4 \times 1,25 = 6,75$$

Diagram alir program utama kontroler PID meliputi proses tuning parameter dan proses berjalannya robot ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Diagram Alir Proses Berjalannya Robot

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Aktuator

Pengujian aktuator bertujuan untuk mengetahui output dari aktuator yaitu motor DC apabila diberi input yang berbeda-beda.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan Tachometer Digital Fuji Kyoto Japan. Ada tiga buah output dari mikrokontroler ATmega328 yang digunakan sebagai input driver motor. Tiga buah output itu adalah pin B0 dan pin B1 yang menjadi input IINA dan IINB dari driver motor dan berfungsi sebagai penentu arah berputarnya motor, serta pin B2 yang menjadi input IPWM dari driver motor yang berfungsi sebagai penentu kecepatan motor.

Gambar 8 menunjukkan data pengukuran motor DC.

No.	Data Motor A			
	Duty Cycle (%)	PWM	RPM	Arah Putaran Motor DC
1.	0	0	0	Diam
2.	25	64	150	Kanan
3.	50	127	259	Kanan
4.	75	191	304	Kanan
5.	100	255	335	Kanan
6.	0	0	0	Diam
7.	25	-64	143	Kiri
8.	50	-127	254	Kiri
9.	75	-191	300	Kiri
10.	100	-255	332	Kiri

No.	Data Motor B			
	Duty Cycle (%)	PWM	RPM	Arah Putaran Motor DC
1.	0	0	0	Diam
2.	25	64	200	Kanan
3.	50	127	310	Kanan
4.	75	191	353	Kanan
5.	100	255	382	Kanan
6.	0	0	0	Diam
7.	25	-64	230	Kiri
8.	50	-127	322	Kiri
9.	75	-191	352	Kiri
10.	100	-255	373	Kiri

Gambar 8. Data Pengukuran Arah Dan Kecepatan Motor DC

Dari hasil pengujian aktuator yaitu motor DC berdasarkan **Gambar 8**, didapatkan karakteristik dari motor DC semakin besar duty cycle (%) yang digunakan maka akan semakin besar pula kecepatan putaran yang akan dihasilkan oleh motor DC.

B. Pengujian Sensor

Dalam melakukan pengujian sensor, terdapat dua kali pengujian dengan hasil yang diinginkan berbeda satu sama lain. Yaitu pengujian accelerometer dan pengujian gyroscope. Namun perangkat yang digunakan dalam melakukan pengujian ini adalah sama karena perangkat tersebut merupakan modul yang dalam satu modul tersebut terdiri dari accelerometer dengan tipe ADXL-335 dan gyroscope dengan tipe IDG-500.

1. Pengujian Accelerometer

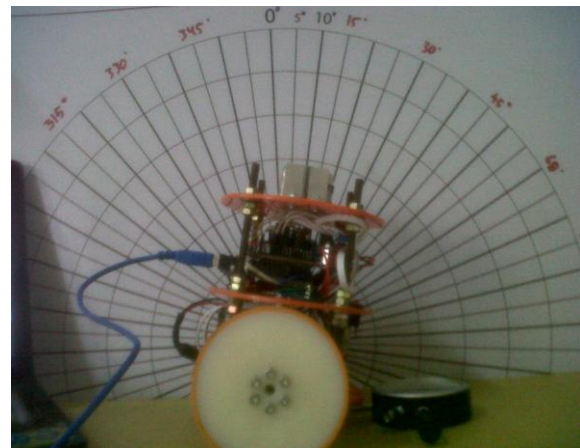
Pengujian accelerometer bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari accelerometer dalam membaca perubahan sudut dari robot beroda dua.

Accelerometer terhubung dengan mekanik robot beroda dua dan mikrokontroler ATmega328 dan kemudian data dari accelerometer akan dibuat input dan keluarannya adalah kecepatan putar motor DC. Kemiringan dari robot beroda dua diubah-ubah sesuai dengan papan sudut yang telah disediakan.

Perubahan sudut yang terjadi akan ditampilkan lewat komputer. **Gambar 9** menunjukkan pengamatan pada accelerometer dan **Gambar 10** menunjukkan cara pengambilan data pada accelerometer.

No.	Data			
	Sudut Accelerometer (°)	Sudut Aktual (°)	Error	Arah Mekanik Robot
1.	30	31,5	1,5	Miring kanan
2.	20	20,5	0,5	Miring kanan
3.	10	10	0	Miring kanan
4.	0	0	0	Tegak lurus
5.	-10	-10	0	Miring kiri
6.	-20	-21	1	Miring kiri
7.	-30	-31	1	Miring kiri

Gambar 19. Data Pengamatan Pada Accelerometer



Gambar 10. Cara Mendapatkan Data Accelerometer

Dari **Gambar 9** terlihat bahwa pembacaan sudut Accelerometer sudah akurat, terlihat dari selisih error dengan sudut aktual yang kecil. Dapat disimpulkan bahwa accelerometer sudah bekerja dengan baik.

2. Pengujian Gyroscope

Pengujian gyroscope bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari gyroscope dalam membaca perubahan kecepatan sudut yang dinamis dari robot beroda dua.

Sensor gyroscope yang digunakan akan mempunyai nilai keluaran jika sedang berotasi. Ketika sensor gyroscope berotasi searah jarum jam pada sumbu Y, maka tegangan keluarannya akan mengecil. Sedangkan jika berotasi berlawanan arah jarum jam, maka tegangan keluarannya akan membesar. Jika sensor gyroscope tidak berotasi (keadaan diam) maka keluaran tegangan gyroscope akan bernilai sama dengan nilai offset-nya. **Gambar 11** menunjukkan pengamatan pada gyroscope.

No.	Data Gyroscope Dalam Keadaan Diam		
	Waktu (ms)	Sudut (°)	Percepatan Sudut (deg/sec)
1.	0	0	0
2.	100	0	0
3.	200	0	0
4.	300	0	0
5.	400	0	0
6.	500	0	0
7.	600	0	0
8.	700	0	0
9.	800	0	0
10.	900	0	0

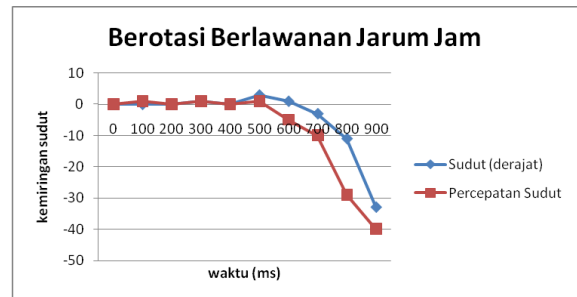
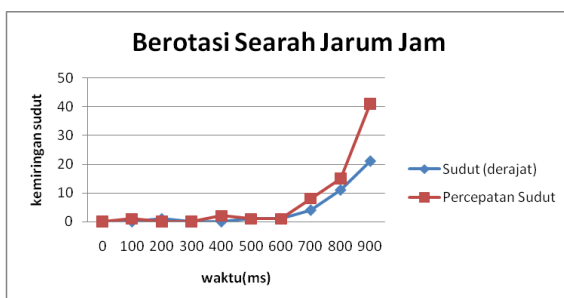
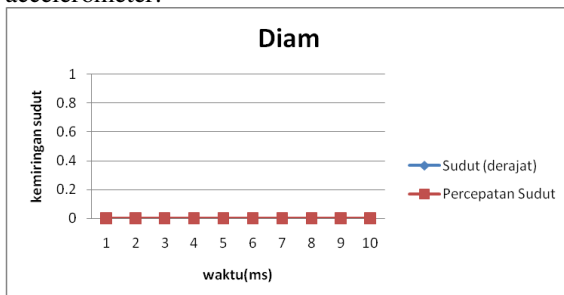
No.	Data Gyroscope Dalam Keadaan Berotasi Searah Jarum Jam		
	Waktu (ms)	Sudut (°)	Percepatan Sudut (deg/sec)
1.	0	0	0
2.	100	0	1
3.	200	1	0
4.	300	0	0
5.	400	0	2
6.	500	1	1
7.	600	1	1
8.	700	4	8
9.	800	11	15
10.	900	21	41

No.	Data Gyroscope Dalam Keadaan Berotasi Berlawanan Jarum Jam		
	Waktu (ms)	Sudut (°)	Percepatan Sudut (deg/sec)
1.	0	0	0
2.	100	0	1
3.	200	0	0
4.	300	1	1
5.	400	0	0
6.	500	3	1
7.	600	1	-5
8.	700	-3	-10
9.	800	-11	-29
10.	900	-33	-40

Gambar 11. Pengamatan Pada Gyroscope

Dari **Gambar 11** didapatkan apabila sensor gyroscope berotasi searah jarum jam yang ditandai dengan membesarnya nilai keluaran sensor gyroscope. Sedangkan apabila sensor gyroscope berotasi berlawanan arah jarum jam yang ditandai dengan mengecilnya nilai keluaran sensor gyroscope. Hal ini terjadi karena penempatan mekanik dari modul sensor tersebut berlawanan arah dari penempatan yang berda di datasheet yaitu dengan permukaan IC IDG-500 menghadap keatas. Oleh karena itu data yang diperoleh menjadi kebalik. Namun tingkat keakuratan datanya dengan penempatan terbalik atau tidak adalah sama.

Gambar 12 merupakan garfik dari ketiga respon utama modul sensor gyroscope + accelerometer.



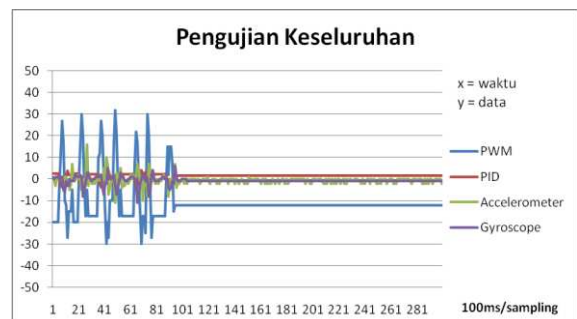
Gambar 12. Grafik Pengujian Gyroscope

C. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak setelah diintegrasikan dalam sebuah sistem terpadu.

Mula-mula robot beroda dua diberdirikan posisi tegak lurus terhadap permukaan bidang datar (0°) kemudian dilepaskan untuk melihat kemampuan sistem penyeimbang dalam menjaga keseimbangan robot beroda dua.

Parameter yang diamati pada skripsi ini adalah lama waktu sistem dapat bertahan pada keadaan setimbang sebelum collapse atau terjatuh. **Gambar 13** menunjukkan pengamatan data yang terjadi dalam pengujian keseluruhan sistem.



Gambar 13. Grafik Pengujian Keseluruhan

Berdasarkan data yang didapat pada percobaan, dengan pengambilan data yang ditampilkan selama 30 detik, dapat dilihat grafik respon Accelerometer, Gyroscope, PID dan PWM terhadap perubahan waktu.

Dari **Gambar 13** dapat diketahui performansi sistem sebagai berikut:

- Time Settling (ts)
 - Time settling pada respon kesetimbangan accelerometer adalah 0,5s.
 - Time settling pada respon kesetimbangan gyroscope adalah 0,5s.
- Error Steady State (ESS)

Nilai osilasi maksimum dalam **Gambar 13** pada kedua sensor adalah -2° dengan setpoint adalah 0°, maka :

$$ESS = \frac{(-2) - 0}{0} \times 100\%$$

Karena dalam pembagian nilainya akan tak terhitung apabila dibagi bilangan nol (0), maka data sudut yang dikeluarkan

diubah menjadi tegangan (mV) yang dikeluarkannya :

$$ESS = \frac{15.3 - 15}{15} \times 100\% = 2\%$$

c. Maximum Overshoot (Mp)

Untuk Accelerometer

Nilai tertinggi dari **Gambar 13** adalah 70, maka:

$$Mp = \frac{13.8 - 15}{15} \times 100\% = 8\%$$

Untuk Gyroscope

Nilai tertinggi dari **Gambar 18** adalah -80, maka:

$$Mp = \frac{16.3 - 15}{15} \times 100\% = 8.6\%$$

Secara keseluruhan dari pengujian ini dapat dilihat bahwa robot beroda dua yang dirancang telah berjalan dengan baik. Proses pengontrolan PID dengan nilai Kp= 5.4, Ki= 1.08, dan Kd= 6.75. Proses penyeimbangan dengan bergerak sesuai arah dan kecepatan tertentu dapat berjalan sebagaimana mestinya.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada robot beroda dua maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Accelerometer yang digunakan untuk mendeteksi kemiringan robot beroda dua dari permukaan pijak memiliki rata-rata kesalahan pembacaan sudut yang baik atau mempunyai eror yang kecil. Begitu juga dengan gyroscope yang sedang berotasi searah maupun berlawanan terhadap arah jarum jam terhadap data keluaran dari accelerometer.
2. Perlu perlakuan khusus terhadap penempatan modul sensor yaitu berada tepat pada sumbu as roda dan berada pada titik tengah robot beroda dua. Karena apabila penempatannya tidak sesuai maka pengambilan data akan mempunyai error yang lebih besar.
3. Sistem robot beroda dua dapat stabil yaitu mampu mempertahankan posisi berdiri dan tanpa terjatuh dalam range sekitar -30° sampai 30° dari posisi tegak yaitu 0°.
4. Dengan menggunakan teorema kontroler Proporsional, Integral dan Diferensial (PID)

yang ditanamkan pada mikrokontroler ATmega328, dengan nilai Kp= 5.4, Ki= 1.08, dan Kd= 6.75. Sistem dapat mengambil keputusan untuk pengaturan arah dan kecepatan motor DC sebagai upaya untuk menyeimbangkan robot beroda dua.

B. Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan:

1. Penyempurnaan konstruksi mekanik terutama pada sistem mekanik dari gearbox motor DC agar lebih simetris antara satu dengan yang lainnya. Hal ini untuk mengurangi noise dan disturbance saat motor DC tersebut berputar.
2. Dilakukan metode pengontrolan selain menggunakan kontroler PID.
3. Dilakukan metode pengambilan data menggunakan wireless. Karena apabila menggunakan kabel maka respon data dari robot beroda dua terjadi lebih besar error yang disebabkan oleh beratnya kabel. Hal ini membebani pada salah satu sisi sehingga pada saat pengambilan data digunakan perangkat tambahan yaitu pembeban yang ditempatkan pada sisi berlawananya.
4. Menambahkan data pengujian yang digunakan untuk mendapatkan rata-rata waktu pengontrolan pada pengujian keseluruhan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Laksana, Andra. 2012. Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Skripsi.
- [2] InvenSense. 2008. Intergrated Dual-Axis Gyro IDG-500 Datasheet.
- [3] ANALOG DEVICES. 2009. Accelerometer ADXL-335 Datasheet.
- [4] Herlambang, Anton. 2011. Arduino Uno. <http://blog.kedairobot.com/2011/07/02/arduino-uno.html>
- [5] STMicroelectronics. 2005. VN2SP30-E Automotive Fully Intergrated H-Bridge Motor Driver Datasheet.
- [6] Mochamad Mobed Bachtiar, Bima Sena Bayu D, dan A.R. Anom Besari. 2011. Sistem Kontrol Inverted Pendulum Pada Balancing Mobile Robot. <http://www.eepis-its.edu>
- [7] ATMEL. 2009. 8-bit AVR Microcontroller with 4/8/16/32 Kbytes in System Programmable Flash.
- [8] Supandi, Irwan. 2007. Desain pengendali - Metodologi. <http://www.eprints.lib.ui.ac.id>